



TITLE:

Experimental and numerical investigation of
panel zone behavior and yielding mode
classification for steel beam-column joints(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Wang, Yandong

CITATION:

Wang, Yandong. Experimental and numerical investigation of panel zone behavior and yielding mode classification for steel beam-column joints. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22431>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	王彦棟
論文題目	Experimental and numerical investigation of panel zone behavior and yielding mode classification for steel beam-column joints (鋼構造柱梁接合部におけるパネルの挙動と降伏モードの分類に関する実験的・解析的研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、鋼構造建物の一要素である柱梁接合部パネルの挙動を、載荷実験と有限要素解析によって解明し、柱・梁・接合部パネルの中で大地震時におもに塑性化する部位を把握するための手法を提案しようとするものであって、以下の6章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、先行研究の成果や知見をまとめ、本論文の目的と構成を記している。</p> <p>第2章では、冷間成形角形鋼管柱とH形鋼梁から成る立体十字部分架構で、パネル降伏モードが生じる場合を対象にして、接合部パネルの弾塑性挙動に及ぼす水平力の載荷方向の影響を、構造実験と有限要素解析によって確認した。まず、構造実験では、パネルアスペクト比（柱断面外径に対するパネルの長さの比）が異なる2種類の部分架構試験体について、水平力を構面に対して0度方向に与えた場合と45度方向に与えた場合の差異を明らかにした。実験より、45度方向載荷では接合部パネルと通しダイアフラムとの溶接部に延性破断が生じたのに対して、0度方向載荷では梁フランジにわずかに局部座屈が生じただけで、パネル溶接部の破断は確認されなかった。この結果をうけて、パネル溶接部の歪を有限要素解析によって確認し、水平力の載荷方向が45度で、パネルアスペクト比が大きい場合に最も溶接部の歪が大きく、早期破断の可能性が高いことを指摘した。また、接合部パネルの全塑性耐力は、アスペクト比の増大に伴って低下する傾向があることを実験と有限要素解析の双方で確認し、既往の耐力式による計算結果と解析結果を比較することで耐力式の妥当性を検証した。</p> <p>第3章では、第2章と同じ立体十字部分架構にコンクリート床スラブを取り付けた場合の弾塑性挙動を、構造実験と有限要素解析によって確認した。実験では、床スラブなしの試験体で見られたパネル溶接部の延性破断の他に、柱の局部座屈、梁フランジの延性破断が確認され、床スラブなしの場合にはパネル降伏モードであったが、床スラブを取り付けることで異なる降伏モードが生じることを実証した。また、床スラブの存在によって、接合部パネルが塑性化したときの骨組の水平耐力が増大し、これを算定する手法を新たに定式化した。ただし、算定式には、床スラブと柱の接触によって生じる力に関連する未定の変数が含まれており、パネルアスペクト比・角形鋼管の幅・床スラブ厚さ・水平力の載荷方向をパラメータとする有限要素解析を行い、この変数を求めるための近似式を構築した。提案した算定式によって床スラブを有する場合の耐力が精度よく求められることを明らかにした。</p> <p>第4章では、平面十字部分架構を対象に、柱と接合部パネルが一定軸力を支持しつつ、繰返し水平力をうける場合の弾塑性挙動を構造実験によって確認した。一定軸力の有無やパネルアスペクト比によって降伏モードが変化すること、ならびに一定軸力</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	王 彦 棟
<p>下で柱の局部座屈が生じると塑性変形能力が著しく低下することを示した。また、実験では、接合部パネルの早期降伏に伴って柱と通しダイアフラムとの溶接部に延性破断が生じた。この結果をうけて、実験を再現した有限要素解析によって溶接部の歪を照査し、ダイアフラムの板厚を増すことで溶接部の歪を抑制できることを明らかにした。</p> <p>第5章では、第2～4章で対象としてきた十字部分架構を改めて採りあげて、柱・梁・接合部パネルのいずれかが全塑性状態に達するときの骨組の耐力に基づいて、おもに塑性化する部位を判定する方法（降伏モードの分類）を提案した。これまでの降伏モードの分類では1種類の部材しか塑性化しないと判定されていたが、本論で提案する降伏モードの分類は、歪硬化による部材耐力の増大を考慮することにより、実際の塑性化部位に即して評価できる特徴を有している。このような降伏モードの分類の妥当性を確認するために、有限要素解析によって、柱・梁・接合部パネルの耐力比、柱軸力の大きさ、水平力の載荷方向、床スラブの有無をパラメータとした広範な検討を行った。さらに、4層3スパンの鋼構造建物の時刻歴応答解析を行い、降伏モードの分類が適用できることを検証した。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果と今後の課題について要約している。</p> <p>以上の知見は、柱梁接合部パネルの挙動を考慮することで、現行設計法よりも耐震性能を高め、合理的な部材断面選定が可能となる新しい鋼構造建物の耐震設計の提案につながる成果である。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、鋼構造建物の柱梁接合部パネルの挙動を解明し、柱・梁・接合部パネルの中で大地震時におもに塑性化する部位を把握するための手法を提案したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1) 冷間成形角形鋼管柱とH形鋼梁から成る立体十字形部分架構を対象とした実験と有限要素解析によって、水平力の載荷方向が構面に対して45度方向で、パネルアスペクト比(柱断面外径に対するパネルの長さの比)が大きい場合に、最も溶接部の歪が大きく、早期破断の可能性が高いことを示した。また、アスペクト比が大きくなると、パネル上下端の曲げモーメントが卓越するため、パネルの全塑性耐力が低下する傾向を明らかにした。

2) 上記1)と同様の立体十字形部分架構にコンクリート床スラブを付した試験体に対して載荷実験と数値解析を実施し、試験体の弾塑性挙動や降伏モード、接合部パネルの繰返し塑性変形能力が、床スラブの有無や載荷方向の違いによって変化することを明らかにした。また、床スラブによるパネル全塑性耐力増加量の算定法を提案し、有限要素解析によるパラメトリックスタディによって算定式に含まれる未定の変数を決定した。

3) 冷間成形角形鋼管柱とH形鋼梁から成る平面十字形部分架構に対して、柱・接合部パネルの軸力の有無、パネルアスペクト比をパラメータとした繰返し載荷実験と数値解析を行い、パネルの弾塑性挙動に与える軸力の影響を明らかにした。また、柱・梁・パネルの3つの要素のうち、おもに塑性化する部位を判定するため、塑性化後の歪硬化による耐力の増大を考慮した降伏モード判定法を提案し、実験結果や数値解析結果との比較を通じて妥当性を確認した。

以上の知見は、柱梁接合部パネルの挙動を考慮することで、現行設計法よりも耐震性能を高め、合理的な部材断面選定が可能となる新しい鋼構造建物の耐震設計の提案につながる成果である。

本論文は、鋼構造建物の耐震安全性を確保するための重要な知見を与えており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年1月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。